UEBER DIE

SCHICHTUNG DES ELECTRISCHEN LICHTES

VON

ALFRED EDLEN V. URBANITZKY,
ASSISTENT FÜR PHYSIK AN DER K. K. TECHNISCHEN HOCHSCHULE IN WIEN.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE AN DER NATURWISSENSCHAFTLICHEN FACULTÄT DER UNIVERSITÄT IN TÜBINGEN.

(Separatabdruck aus dem II. Jahresberichte des naturwissenschaftlichen Vereines an der k. k. technischen Hochschule in Wien.)

WIEN, 1877.
IN COMMISSION BEI ALFRED HÖLDER,
K. K. HOF- UND UNIVERSITÄTS-BUCHHÄNDLER,
Rothenthurmstrasse 15.

UEBER DIE

SCHICHTUNG DES ELECTRISCHEN LICHTES

VON

ALFRED EDLEN V. URBANITZKY,
ASSISTENT FÜR PHYSIK AN DER K. K. TECHNISCHEN HOCHSCHULE IN WIEN.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE AN DER NATURWISSENSCHAFTLICHEN FACULTÄT DER UNIVERSITÄT IN TÜBINGEN.

(Separatabdruck aus dem II. Jahresberichte des naturwissenschaftlichen Vereines an der k. k. technischen Hochschule in Wien.)

WIEN, 1877.
IN COMMISSION BEI ALFRED HÖLDER,
K. K. HOF- UND UNIVERSITÄTS-BUCHHÄNDLER,
Rothenthurmstrasse 15.

I.

§. 1. Schon geraume Zeit hatten sich die brillanten buntfarbigen Lichterscheinungen im electrischen Ei einer regen Theilnahme von Seite der Dilettanten sowol, als auch der Gelehrten zu erfreuen; doch erst seit dem Jahre, in welchem Geissler die ersten nach ihm benannten Röhren verfertigte und versandte, hat eine grössere Anzahl von Physikern die mannigfachen Erscheinungen, die der Durchgang einer electrischen Entladung durch diese Röhren darbietet, zum Gegenstande eingehender Studien gemacht. Mag wol die Schönheit und bunte Vielfältigkeit der Erscheinungen, welche bei derartigen Experimenten sich vor den Augen des Beobachters entwickeln, einige Anregung dazu gegeben haben, so ging der mächtigste Impuls doch von der Ueberzeugung aus, die sich in kurzer Zeit auch allen denkenden Forschern aufdrängen musste, dass man bei der Entladung electrischer Ströme in gasförmigen Medien, die einfachste, elementarste Form electrischer Erscheinungen überhaupt vor sich habe, man daher zu der Hoffnung berechtigt ist, auf diesem Wege einen Schritt weiter zu kommen auf der Bahn der Erkenntniss des Wesens der Electricität selbst. Hier ist wol auch die Richtung angegeben, in welcher weiter zu forschen die Aussicht winkt, die Electricität und mit ihr den Magnetismus einst auf rein mechanische Bewegungen kleinster Theilchen zurückführen, wie dies bei den Licht- und Wärmeerscheinungen, sowie auch beim Schall uns bereits gelungen ist, ferner die höchst interessanten und bemerkenswerthen Wechselbeziehungen zwischen Licht-, Wärme- und Electricitätsphänomenen klar feststellen und in einfachen Gesetzen zusammenfassen zu können.

Die Schichtung des electrischen Lichtes, ein verschwindend kleiner Theil des ganzen weiten Feldes experimenteller Forschung, dessen vollen Umfang und Bedeutung obige Zeilen anzudeuten bestimmt sind, soll uns im Folgenden nun beschäftigen.

§. 2. Entdeckt wurde die Schichtung von Abria,[1]) nicht, wie gewöhnlich angegeben wird, von Grove. Abria veröffent-

[1]) Abria, *Ann. de Chim. et de Phys.* [3] T. VII., p. 462 (1843).

lichte schon im Jahre 1843 eine Abhandlung unter dem Titel: „*Sur les lois de l'induction des courants par les courants*“ in den citirten Annalen, in welchen er auf Seite 477 und 478 den dunkeln Raum, das Glimmlicht und die Schichten sehr deutlich beschreibt. Er bediente sich bei seinen Versuchen eines electrischen Eies, in welches verschiebbare Messingelectroden tauchten, von denen die eine, und zwar diejenige, welche er als positive Electrode anwandte, eine Kugel und die andere, die als negative Electrode diente, eine Spitze war. Das Ei enthielt Luft, welche auf einen Druck von 2^{mm} verdünnt wurde. Er beschreibt dann die Erscheinung, die er beobachtete, in wortgetreuer Uebersetzung folgendermassen: „Der eine der Pole (Spitze „oder Kugel) ist von einer bläulichen Hülle umgeben; es ist das „jener Pol, zu welchem sich der Wasserstoff begibt, wenn das „Vacuum durch eine Wassersäule ersetzt wird; er gab negative „Electricität auf dem Blatte eines Electroscopes, der andere „Pol war in Verbindung mit dem zweiten Blatte. Das ist also „der negative Pol ..... Vom positiven Pol geht eine röthliche „Flamme aus, welche sich in dem Masse, als man die Spitze „von der Kugel entfernt, ausdehnt; aber ohne letztere zu er„reichen, so dass ein dunkler Zwischenraum zwischen der Spitze „und dem oberen Theile dieser Flamme besteht ..... Uebri„gens zeigt diese Flamme oder dieses Strahlen„büschel, welches vom positiven Pol ausgeht, vor„züglich in seiner oberen Partie (die Spitze oben ge„stellt), abwechselnd dunkle und helle Schichten. „*(De plus, cette flamme où aigrette, qui part du pôle positif, présente „notamment à sa partie supérieure (en supposant la pointe en haute) „des zones alternativement obscures et lumineuses.*) Diese Schichten „sind concav gegen die Kugel, wenn die Spitze dieser genähert „ist; sie werden concav gegen die Kugel, wenn die Spitze sehr „entfernt ist. Das Innere des Eies erscheint leuchtend; die Er„scheinungen sind genau ähnlich denjenigen, welche man beob„achtet in den Experimenten, beschrieben von Faraday unter dem Titel: Dunkle Entladungen.[1])“

§. 3. Erst im Jahre 1852, also 9 Jahre nachdem Abria's Abhandlung erschienen war, hat Grove[2]), ohne von dieser Kenntniss zu haben, die Schichtung neuerdings ganz selbstständig entdeckt. Er benützte ebenfalls zu seinen diesbezüglichen Versuchen ein electrisches Ei, bei welchem die untere Kugel ein Platinschälchen trug, um in das Ei hineingegebenen Phosphor darauf zur Verdampfung bringen zu können. Bei ent-

---

[1]) Faraday, *Experimental researches* p. 1544.
[2]) Grove, *Phil. Trans.* 1852. Pt. 1., p. 100.

sprechender Exantlirung beobachtete er nun, sobald er das Ei in den Stromkreis eingeschaltet hatte, einen von der Anode gegen die Kathode gerichteten Lichtschwall, welcher der Quere nach von dunkeln Banden unterbrochen war, und so den Anblick abwechselnd heller und dunkler Schichten darbot. Bald darauf machte Quet [1]) dieselbe Beobachtung und zwar ebenfalls in einem electrischen Ei, welches er in den secundären Schliessungskreis eines Ruhmkorff'schen Inductoriums einschaltete. Er untersuchte die Dämpfe von Holzgeist, Terpentinöl, Naphta, Alkohol, Schwefelkohlenstoff, Zinnchlorid, Fluorsilicium etc. und Gemenge dieser mit Luft. Die Schichtung war in allen diesen Fällen sehr gut wahrnehmbar und ebenso der dunkle Raum, welcher die geschichtete Lichtsäule von dem die Kathode umfluthenden Lichte trennte. Von den drei oder vier Schichten, welche der Kathode am nächsten stehen, wird angegeben, dass sie ausserordentlich stabil den einmal eingenommenen Platz behaupten, indess der übrige Theil des Anodenlichtes ein lebhaftes Wogen und Vibriren zeigt.

§. 4. Boettger [2]) theilt mit, dass er die eben erwähnten Versuche von Quet mit Erfolg wiederholt habe, und dass das Schichtungsphänomen besonders glänzend hervortrete, wenn man nach Grove's Angabe vor der Verdünnung der Luft trockenen Phosphor in das Ei hineinbringt.

Gaugain [3]) hat ebenfalls die Bildung von Schichten im electrischen Ei, durch welches er den Strom eines Ruhmkorff's, angeregt durch eine Daniell'sche Säule, von der Stärke zweier Bunsen'scher Elemente, sandte, mit Luft, Terpentinöl und Gemengen beider bei einem Barometerstande von 2—3 Millimeter beobachtet. Da er aber keine wesentlich neuen Thatsachen beibringt, werde ich die betreffende Abhandlung erst bei der Discussion der Theorien über die Schichtenbildung besprechen.

§. 5. Bis zu der soeben behandelten Arbeit, die im Jahre 1855 veröffentlicht wurde, war die Schichtung nur mit Hilfe von Inductionsströmen beobachtet worden. Van der Willigen [4]) war der erste, welcher sie durch Anwendung einer Leydnerflasche hervorbrachte. Allerdings hat schon Faraday [5]) die durch electrische Ströme in verschiedenen Gasen erzeugten

---

[1]) Quet, *Compt. Rend.* T. XXXV, p. 949: *Sur quelques faits relatifs au courant et à la lumière électrique.* (1852.)

[2]) B. Boettger, Jahresber. d. Frankf. Ver. 1853—1854, p. 19.

[3]) Gaugain, *Compt. Rend.* T. XL., p. 1036: *Note sur la stratification de la lumière électrique.* (1855.)

[4]) V. S. M. Van der Willigen, Pogg. Ann. Bd. 98, p. 494: „Ueber geschichtetes Licht im electrischen Ei." (1856).

[5]) Faraday, *Exp. Research.* T. I, Ser. XII, Art. 1454.

Lichterscheinungen studirt und beschrieben, auch des dunkeln Raumes zwischen positivem und negativem Büschel Erwähnung gethan, aber nichts über eine Schichtung des electrischen Lichtes mitgetheilt. Van der Willigen bediente sich bei seinen Versuchen einer Leydnerflasche, deren innerer Belegung er positive Electricität durch eine gewöhnliche Electrisirmaschine mittheilte, deren äussere nicht isolirt oder auch mit Leitern in Verbindung gesetzt wurde. Ferner verband er die innere Belegung mit einem aus zwei Theilen bestehenden Leiter, zwischen dessen beiden Theilen eine vier Decimeter lange, feuchte Schnur eingeschaltet war; der zweite Theil dieses Leiters endigte in einer Kugel, welche den einen Knopf des Eies nicht vollkommen berührte, sondern eine kleine, variirbare Luftstrecke dazwischen liess. Der zweite Knopf des Eies stand in leitender Verbindung mit der äusseren Belegung der Flasche. Um den unangenehmen Geruch des Terpentinöls zu vermeiden, wurde Orangen- oder Bergamott-Oel benützt. Sobald die Electrisirmaschine ihr Spiel begann, erzeugte jeder überspringende Funke bei einem Barometerstande von 3 Millimeter im Ei ein schwach leuchtendes, aber deutlich geschichtetes Lichtbüschel, welches von dem negativen Lichte durch einen dunkeln Raum geschieden war. Ueberhaupt stimmte die ganze Erscheinung mit der durch einen Ruhmkorff'schen Inductionsapparat hervorgerufenen bis in's „kleinste Detail" überein; dabei zeigte sich das Lichtbüschel namentlich gegen den negativen Knopf zu rosenroth gefärbt. Wurde aber die feuchte Schnur ausgeschaltet, so erhielt man ein viel helleres, in weisslichem Blau leuchtendes Büschel ohne dunkle Unterbrechungen. Van der Willigen versuchte nun auch die feuchte Schnur durch einen 10 Meter langen und 0·16 Millimeter dicken Stahldraht zu ersetzen; dieser Widerstand war aber nicht hinreichend die Schnur entbehrlich zu machen, also Schichten hervorzurufen.

Ausser mit dem electrischen Ei hat er auch mit dem abgeschmolzenen Vacuo eines Barometers experimentirt. Er hatte eine Röhre von vier Decimeter Länge mit an beiden Enden eingeschmolzenen Platindrähten, in welcher ein kleiner Tropfen Quecksilber gelassen war. Sprang der Funke von der Leydnerflasche direct in die Röhre über, so leuchtete dieselbe in grünlich-weissem Lichte, ohne Schichten zu zeigen; wurde jedoch die feuchte Schnur eingeschaltet und zwischen dem Leiter und der Electrode ein kleiner Zwischenraum gelassen, so trat in der Röhre geschichtetes Licht auf, unter gleichzeitigem Erscheinen des dunklen Raumes, der durch Vergrössern des Zwischenraumes bis zu zwei Centimeter lang erhalten werden konnte.

§. 6. Auch Quet bediente sich bei seinen späteren Versuchen, die er mit Seguin[1]) nun weiter durchführte, der Leydnerflasche als Electricitätsquelle und ersetzte das Ei durch eine cylindrische Röhre, ohne jedoch zwischen Röhre und Flasche eine Schnur einzuschalten. Die erste, kräftige Entladung zeigte in der Röhre einen hell leuchtenden, ungeschichteten Lichtschwall, die 2—3 darauffolgenden, schwächeren Entladungen gaben sehr deutlich geschichtetes Licht. Diese letztere Erscheinung trat auch sofort bei der ersten Entladung der Flasche ein, wenn letztere *a priori* schwach geladen wurde. Eine zweite Art, die in der Röhre eingeschlossenen Gase zum Leuchten zu bringen, welche die beiden genannten Forscher anwandten, bestand im Folgenden: Eine Geissler'sche Röhre wurde mit Zinnfolie umhüllt, wodurch sie nun selbst zur Leydnerflasche geworden, als solche geladen werden konnte. Wurde dann eine Electrode mit der Zinnbelegung in Verbindung gebracht, so erfolgte die Entladung und zwar in der Form einer geschichteten Lichtsäule. Gelegentlich der Besprechung der über die Schichtung aufgestellten Theorien werde ich auf diese Arbeiten nochmals zurückkommen.

§. 7. Gassiot[2]) hingegen experimentirte mit Zuhilfenahme eines Ruhmkorff'schen Inductoriums; den Röhren gab er eine dem Birnbarometer ähnliche Form, dessen kürzerer Schenkel mit einer Luftpumpe in Verbindung gesetzt werden konnte und dessen längerer mit den Electroden versehener Schenkel entweder eine gerade cylindrische Röhre war oder aber birnförmig erweitert. Die ganze Röhre wurde dann mit Quecksilber gefüllt, durch die Luftpumpe das Quecksilber im längeren Rohre zum Sinken gebracht und dadurch ein Vacuum erhalten. Bezüglich der Form der Schichten hat Gassiot beobachtet, dass sie nach beiden Seiten concav begrenzt sind, wenn auch der Schliessungsstrom wirksam ist, aber nur nach dem positiven Pole zu concav bei einfacher Entladung. Wird ein Pol mit Quecksilber bedeckt, so dass also dieses die eine Electrode bildet, so verschwinden häufig die Schichten. Wenn der obere Draht positiv ist und der untere negativ, und man lässt das Quecksilber über den negativen Draht emporsteigen, so zieht sich die geschichtete Entladung am positiven Drahte zusammen *(collapses)* und zeigt den Anblick einer zusammengedrückten Spirale. Pumpt man auf der zweiten Seite aus, so fällt das Quecksilber in der ersten Röhre, die Schichtung wird weiter, gleichsam als ob der Druck von einer Spiralfeder weggenommen worden wäre.

---

[1]) Quet et Seguin, Compt. Rend. T. XLVII p. 964: *Note sur la stratification de la lumière électrique*, (1858).

[2]) Gassiot, Phil. Trans. T. CXLVIII, p. 1. (Jänner 1858.)

Ein Jahr später hat Gassiot[1]) auch das Verhalten von Luft, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff studirt. Er erhielt das positive Lichtbüschel roth gefärbt mit Luft oder Stickstoff, weiss oder graublau mit Quecksilber respective Wasserstoff. Wenn eine Röhre, die bei höherer Verdünnung des eingeschlossenen Gases breite Schichten zeigte, durch einen electrischen Funken durchbohrt wurde, so strömte durch diese ausserordentlich feine Oeffnung Luft sehr langsam ein, wobei man beobachten konnte, dass die Schichten immer enger wurden. Auffallenden Einfluss auf die Schichten hat die Form der negativen Electrode, die z. B. mit Glas bedeckt die Schichtenbildung ganz aufhebt. Durch Erwärmen der Röhre werden die Schichten breiter, durch Erkalten bis zu — 100° F. verschwinden sie ganz und das Vacuum ist von einem weissen, schwach-leuchtenden Nebel erfüllt.

Da mit Quecksilber kein leerer Raum zu erhalten war, suchte Gassiot sich einen solchen mit Hilfe der Kohlensäure, die durch Aetzkali absorbirt wurde, herzustellen. Zu dem Ende wurden die Röhren, nachdem man Aetzkali hineingebracht hatte, sorgfältig mit Kohlensäure gefüllt und verschlossen. Nach einigen Tagen gab die Röhre geschichtetes Licht; bei fortgesetzter Absorption wurden die Schichten deutlicher und der dunkle Raum grösser; bei weiterem Fortschreiten derselben trat ein schwacher Lichtschimmer an Stelle der Schichten, bis zuletzt auch dieser erlosch.

Man hatte also geschichtetes Licht erhalten mit Hilfe von Inductionsströmen, mit Hilfe gewöhnlicher Electrisirmaschinen und endlich mit Hilfe von Leydnerflaschen; Gassiot[2]) zeigte nun auch, dass selbst der einfache Voltastrom die Schichtung des electrischen Lichtes hervorzurufen im Stande ist. Er führte seine diesbezüglichen Versuche mit drei von einander verschiedenen Batterien durch. Eine derselben war von 3520 Elementen gebildet[3]), deren Metalle Kupfercilinder und Zinkstäbe waren, die er paarweise in mit Regenwasser gefüllte Glasbecher einsetzte. Besondere Sorgfalt verwandte er auf eine gute Isolirung, indem sowol die einzelnen Gläschen gefirnisst wurden, als auch die Gläschen selbst wieder auf sorgfältig mit Firniss in der Wärme überzogenen Glasplatten aufsassen; ein ebenfalls gefirnisstes Gestelle aus Eichenholz trug die ganze Batterie. Ausserdem verfügte Gassiot über eine Daniell'sche Batterie von 512 und eine Grove'sche von 400 Elementen. Er wandte bei seinen

---

[1]) Gassiot, Phil. Trans. T. CXLIX, p. 137.

[2]) Pogg. Ann. Bd. 112, p. 156 (aus Proceed. Roy. Soc. Vol. X p. 36, 393). (1861.)

[3]) Pogg. Ann. Bd. 65, p. 476: Beschreibung einer grossen Wasserbatterie und der damit angestellten Versuche, von J. P. Gassiot.

Experimenten stets Kohlensäure an, deren Verhalten er in Röhren, nach Art der Geissler'schen construirt, mit seitlich eingeschmolzenen Platindrähten, studirte; manche dieser Röhren hatte noch einen engeren Theil angesetzt, in welchem sich Aetzkali befand, das durch Erwärmen mittelst einer Weingeistflamme mannigfache Erscheinungen hervorrief. Bei Anwendung jeder der drei Batterien wurden in den beschriebenen Röhren Glimmlicht und geschichtetes Lichtbüschel beobachtet. Die Grove'sche Batterie zeigte, namentlich wenn die beiden Electroden in Kohlekügelchen endeten, diese Erscheinung, aber auch den Voltabogen, sobald das Aetzkali erhitzt wurde, doch auch dessen Licht geschichtet. Gassiot hat auch nachgewiesen, dass vorzüglich bei der Wasserbatterie die Entladung im partiellen Vacuo keine continuirliche, sondern eine intermittirende wie beim Inductionsapparat ist; dazu benützte er einen Rotationsapparat. [1])

§. 8. Ich wende mich nun zu den Versuchen von Faye [2]), welcher sich geschichtetes Licht dadurch erzeugte, dass er Metalle in einem Vacuo zum Verdampfen brachte. Der Apparat, dessen er sich dabei bediente, war ein Glasballon mit vier Tubuluren; durch zwei derselben, und zwar einander gegenüberliegenden, waren Metallstäbchen eingeführt, die in der Mitte durch ein sehr dünnes, in Schälchenform gebrachtes Eisenblech in Verbindung standen; durch die dritte Tubulur, welche dem Eisenschälchen gerade gegenüber angebracht war, trat ein in einer Kugel endigendes Messingstäbchen so ein, dass zwischen dem Schälchen und der Kugel noch ein Zwischenraum von einigen Centimetern blieb; die vierte Tubulur war für die Evacuirung bestimmt. Auf das Schälchen brachte nun Faye kleine Stücke eines Metalles, füllte den Ballon mit Sauerstoff und evacuirte, soweit es ihm mit seiner Pumpe eben möglich war. Dann verband er die beiden Stäbchen, welche das Schälchen trugen, mit den Polen einer Voltasäule, wodurch er das sehr dünne Eisenblech zum Glühen, und das darauf befindliche Metall zum Verdampfen brachte. Wurde nun das Messingstäbchen, welches die Kugel trug, einerseits, und eines der Stäbchen, das in Verbindung mit dem Schälchen war, anderseits mit den Polen eines Ruhmkorff'schen Inductoriums in Verbindung gesetzt, so erhielt Faye in dem Ballon geschichtete Entladungen, deren helle Schichten die glühenden Dämpfe der betreffenden, zum Verdampfen gebrachten Metalle waren. (Die ersten Partikelchen

---

[1]) Philosoph. Transact. f. 1859, pt. I., p 159.

[2]) Faye, *Compt. Rend.* T. LIII., p. 493: *Effets des vapeurs métalliques sur la stratifications de l'étincells d'induction dans le vide.* (1861.)

der Metalle, die zur Verdampfung kamen, hatten sich mit den im Ballon noch vorhandenen Sauerstoffresten verbunden und als Oxyde niedergeschlagen.) — Auf diese Art wurden untersucht die Dämpfe von Zink, Antimon, Quecksilber, Cadmium, Wismuth, Arsen und Schwefel. Beim Verdampfen des Zinks verwandelte sich die rothe Lichtspindel augenblicklich in eine Masse von blauen Schichten, die sich in der Form blauer Flügel nach rechts und links von der Messingkugel aus entwickelten; diese Erscheinung dauerte aber nur einen Moment. Antimon gab lila, Quecksilber fahlgrüne, Cadmium dunkelgrüne Schichten. Arsen bewirkte ein in's Lila spielendes Roth. Wismuth und Schwefel zeigten sehr complicirte Veränderungen und Schwankungen. Als Voruntersuchung ging dieser Experimentalreihe eine Probe mit Natriummetall voraus, welches gelbe Schichten gab, die beim Erkalten der Dämpfe einem rothen Lichtschwalle Platz machten.

§. 9. Unterdessen hatten sich die von Geissler verfertigten Röhren immer mehr verbreitet, insbesondere seit Plücker auch die Spectralanalyse der darin eingeschlossenen Gase gelehrt hatte. Jene Röhren nun, welche in ihrem hellroth gefärbten engen Theile die Wasserstofflinien zeigen, haben in ihrem weiten Theile graue Schichten und das Spectrum des Sauerstoffes. Das veranlasste Reitlinger[1]) zur Aufstellung einer Theorie über die Schichtung (§. 37), zu deren Prüfung er die nachfolgenden Versuche anstellte.

Reitlinger gebraucht hiezu Röhren, die ganz ähnlich denen, die Geissler versendet, vom Wiener Glasbläser Schwefel verfertigt waren. Sie hatten unten eine enge Röhre angesetzt, mit welcher sie in einer mit Hahn versehenen Fassung luftdicht eingekittet wurden; die Fassung selbst stand mit einer Luftpumpe in Verbindung. Die auf circa 1·5 Millimeter Druck verdünnten Gase brachte der secundäre Strom eines Ruhmkorff'schen Inductoriums zum Leuchten. Eine der Röhren wurde nun mit sorgfältig getrockneter Luft gefüllt, und nachdem der Inductionsapparat in Thätigkeit gesetzt war, evacuirt. Die Entladung ging mit ungeschichtetem Lichte hindurch und dieses zeigte im Spectroscop (von Dubosque verfertigt) die Luftlinien, so wie sie Plücker beschreibt. Als dann durch den unten angebrachten Hahn Wasserstoffgas aus einem der Döbereiner'schen Zündmaschine ähnlich construirten Apparate eintrat, bildeten sich im unteren weiten Theile der Röhre sofort Schichten; die bläuliche Färbung des engen Theiles wich der rothen, für Wasserstoff charakteristischen und schliesslich war das Licht-

[1]) Edm. Reitlinger, Sitzungsber. d. Wien. Akad. Bd. XLIII., p. 15: Ueber die Schichtung des electrischen Lichtes. (1861.)

büschel in der ganzen Röhre sehr fein geschichtet. Die Spectralanalyse ergab im engen Theile das Wasserstoffspectrum mit einem schwachen vom Stickstoffspectrum gebildeten Hintergrunde. Durch weiteres Einströmen von Wasserstoff stieg der Barometerstand auf circa 6 Millimeter und nun war auch das Licht im engen Theile der Röhre geschichtet. Feine schwarze und leuchtende Punkte wechselten mit einander ab und dieser Anblick veranlasste zur Bezeichnung Perlschichtung. Gleichzeitig mit dem Auftreten der Perlschichtung verblassten die Wasserstofflinien, indess das Hintergrundspectrum nun verhältnissmässig deutlich wurde. Ein zweiter Versuch bezog sich auf das Licht im Torricelli'schen Vacuo. Eine Electrode bildete das Quecksilber, die zweite ein eingeschmolzener Platindraht. Das Quecksilber wurde vor Beginn des Versuches gut ausgekocht. Das Licht in dieser Röhre war weiss und continuirlich, zerfiel aber gleich in hellere und dunklere Schichten, wenn ein Luftbläschen eintreten gelassen wurde, und gab dann ein Spectrum, welches aus Quecksilber- und Stickstofflinien zusammengesetzt war. Durch Veränderungen in der Dichtigkeit des Gasgemenges konnte bald die Schichtung, bald die continuirliche Entladung erhalten werden. Traten die Schichten auf, so verblassten die Quecksilberlinien, indess das Stickstoffspectrum deutlicher wurde; bei continuirlichem Lichte waren wieder die Quecksilberlinien sehr hell sichtbar. Gut ausgebildet zeigte sich auch der dunkle Raum. Bei reinem Sauerstoff, sowie auch Stickstoff erhielt Reitlinger bei keiner Verdünnung Schichten.

§. 10. Kurze Zeit darauf (1862), publicirten Quet und Seguin [1]) eine zweite Reihe von Experimenten, in der sie die verschiedenen Wirkungen der Influenz, welche sich in den verdünnten Räumen bei durchgehendem Inductionsstrome zeigt, prüften. Jede der Electroden der Röhre wurde mit einem Pole eines Ruhmkorff's mittlerer Grösse verbunden, der Strom geschlossen und die Röhre mit den Fingern umfasst. Die leuchtenden Schichten trennten sich dann eine von der anderen viel schärfer in demjenigen Theile der Röhre, welcher zwischen der Umfassungsstelle und dem positiven Pole sich befand, und wurden gleichzeitig sehr stabil. Am Rande des durch die Finger geformten Ringes bildete sich eine sehr breite dunkle Schichte, welche bis zu 6 Centimeter Länge haben konnte und dem bekannten dunkeln Raume ähnlich sah. Diese von den Fingern auf die Entladung ausgeübte Influenzwirkung wird sehr deutlich, wenn man die Röhre nur mit dem positiven Pole des In-

[1]) Quet et Seguin, *Ann. de Chim. et de Phys.* (3). T. LXV, p. 317: *Memoire sur la théorie de la lumière électrique stratifiée* (1862).

ductionsapparates in Verbindung setzt. Sobald man nun die Röhre umfasst, werden die ohnehin schwach leuchtenden Schichten noch schwächer an der Stelle, die sich zwichen Hand und freier Electrode befindet, heller leuchtend aber in dem Theile der Röhre, der durch die positive Electrode und die Hand begrenzt ist. Der dunkle Raum ist auch hier, wie im ersten Falle, am Rande der Hand, welche jetzt die Rolle des negativen Poles spielt, ausgebildet. Noch deutlicher zeigt sich der Helligkeitsunterschied in den beiden Theilen der Röhren, wenn an die Stelle der Hand ein Streifen Zinnfolie, welcher mit dem negativen Pole des Inductoriums in Verbindung gebracht ist, gesetzt wird. Gleichzeitig sind die Schichten zwischen dem Metallblättchen und der positiven Electrode so verworren *(assez compliqués)*, wie sie sich ergeben, wenn man annimmt, dass zwei entgegengesetzte, auf einanderfolgende Ströme sich in der Röhre fortpflanzen, so oft der Hammer des Apparates sich hebt. Ein anderes Arrangement bestand in Folgendem: Ein Ende des Inductionsstromes war mit einem Pole der Röhre verbunden, das andere Ende bis auf eine kleine Entfernung dem zweiten Pole genähert. Unter diesen Umständen sah man entweder ein ununterbrochenes Lichtbüschel oder ein geschichtetes, oder endlich beide zugleich. Im letzteren Falle war die Länge jedes der beiden Theile, nämlich des geschichteten und des continuirlichen, abhängig von der Bewegung des Hammers, von der Intensität der Batterie, der Kraft des Inductoriums und der Grösse des Zwischenraumes zwischen der einen Electrode der Röhre und dem zweiten Pole des Inductoriums, wo der Funke überzuspringen genöthigt war.

§. 11. In den „*Mémoires de la soc. de phys. et d'hist. nat. de Genève*, T. XVII“ [1]) theilt A. de La Rive eine Reihe interessanter Beobachtungen mit, die ich, getreu der chronologischen Aufeinanderfolge sämmtlicher Arbeiten in dem hier behandelten Gebiete, nun aufnehmen werde. Zunächst die Beschreibung des Apparates. Das gasförmige Medium, mit welchem er arbeitete, war eingeschlossen, entweder in Röhren von 4—5 Centimeter Durchmesser und 15—100 Centimeter Länge, oder in Bechern *(dans des bocaux)* von 16—20 Centimeter Durchmesser und 20 bis 25 Centimeter Höhe. In den längsten Röhren konnten die Platinkugeln, welche als Electroden dienten, eine der anderen bis zur Berührung genähert werden, indem das Stäbchen, das die eine dieser Kugeln trug, durch eine Stopfbüchse *(une boîte*

[1]) Im kurzen Auszuge schon in den *Compt. Rend.* T. LVI, p. 669 vom J. 1863, und ausführlicher in Pogg. Ann. Bd. 131, p. 446 u. 577: Ueber die Fortpflanzung der Electricität in sehr verdünnten elastischen Flüssigkeiten und besonders über die Schichtung des electrischen Lichtes bei dieser Fortpflanzung (1867).

à cuir) ging. Die Experimente mit verschiedenen Gasen gaben ihm dieselben Resultate, wie den bereits citirten Experimentatoren, mit Ausnahme des Wasserstoffs, dessen Verhalten einige noch nicht erwähnte Beobachtungen zuliess. Um eine Schichtung des electrischen Lichtes zu erlangen, sagt de La Rive, muss man die Spannkraft des Gases um so mehr verringern, als es dem Durchgange der Electricität mehr Widerstand leistet. Wasserstoff leuchtet bei einem Drucke von 18 Millimeter als rosiger Faden, dessen Durchmesser 3—4 Millimeter beträgt, und aus kreisrunden Schichten, jede ungefähr 0·25 Millimeter dick, besteht. Die Dicke jeder Schichte erreicht 5 Millimeter bei einem Barometerstande von 2 Millimeter, und die Schichten selbst sind alsdann ringförmig; der dunkle Raum kann sich in einer Ausdehnung bis zu 10 Centimeter erstrecken. In diesem sieht man bei etwa 2 Millimeter Druck einen fahl rosafarbigen Lichtschein *(lueur d'un rose pâle)* von der Gestalt eines Kegels, dessen Basis die letzte Schichte der Lichtsäule ist. — Bei 1—2 Millimeter werden die Schichten, welche bei höheren Drucken sehr ausgesprochene oscillatorische Bewegungen zeigten, unbeweglich. Auch bemerkt man bei aufmerksamer Beobachtung im verfinsterten Zimmer, selbst bei höheren Manometeranzeigen als 2 Millimeter, im dunkeln Raume der Röhre einen bleichen Lichtschein, der sich deutlich von dem geschichteten Lichtbüschel, als dessen Verlängerung er erscheint, abgrenzt.

Lässt man bei der negativen Electrode in die Röhre dasselbe Gas eintreten, das sie bereits enthält, so dass der Druck um 0·25—0·5 Millimeter erhöht wird, so bilden sich im dunkeln Raum ringförmige Schichten, die, schön rosa gefärbt, sich gradatim in der ganzen Röhre fortpflanzen, indem sie sich mit den alten, breiteren und weniger begrenzten Schichten durchkreuzen. Wird der Einflusscanal geschlossen, so stellt sich der frühere Anblick der Röhre wieder langsam her. Aehnliches geschieht, wenn man beim positiven Pole Gas zuführt. Ob das Gas trocken oder mehr oder weniger feucht ist, also eine verschiedene elementare Natur besitzt, hält de La Rive für gleichgiltig bei Entstehung der Schichten.

§. 12. Der Vollständigkeit wegen will ich auch die Versuche von Jean[1]) wenigstens kurz erwähnen, obwol sie streng genommen nicht in den Rahmen dieser Abhandlung gehören. Jean nimmt 2 Glastafeln, belegt die obere mit Staniol, die untere mit einem Rande armirte wird mit einer Wasserschichte

[1]) Jean, *Les mondes* T. V, p. 393: *Stratification de la lumière électrique parallèle au sens de la décharge*, p. 394: *Lumière électrique stratifiée en couronnes parallèlement au sens de la décharge* (1864); im kurzen Auszuge in d. Fortschritten d. Phys. Bd. 20, p. 493.

bedeckt. Diese beiden Belegungen, nämlich die Wasserschichte einerseits und das Zinnblatt anderseits, verbindet er mit den Polen eines Inductionsapparates; sind die Platten parallel, so gehen von einzelnen Stellen continuirliche Lichtbüschel *(lueur uniforme)* über. Neigt man aber die obere Platte, so dass sie mit der unteren einen spitzen Winkel bildet, so wird die Entladung geschichtet und zwar so, dass die Schichten parallel sind zu der Durchschnittslinie beider Tafeln, also normal wären zu einem secundären Strome, welcher vom Scheitel des Winkels zur entgegengesetzten Seite der Tafeln ginge.

Die Entstehung dieser Schichten ist aber an einen bestimmten Feuchtigkeitsgrad gebunden. Jean erhielt auch kranzförmiges, parallel zur Richtung des Stromes geschichtetes Licht und zwar auf folgende Art: Von 2 Uhrgläsern wurde das bedeutend kleinere, untere Glas mit Zinnfolie belegt, das obere grössere mit einer Wasserschichte bedeckt. Berührten sich die beiden Gläser mit ihrem Scheitel, so sah man bei jeder Entladung um den Berührungspunkt herum sich eine Anzahl von Lichtkränzen bilden, deren Zahl sich in dem Masse verminderte, als man die beiden Gläser von einander entfernte. Schliesslich bringt Jean diese Erscheinungen mit dem Nordlicht in Zusammenhang.

§. 13. Ich kehre nun wieder zu dem eigentlichen Gegenstande meiner Abhandlung zurück, indem ich nun zunächst die Hauptresultate aus Morren's [1]) Arbeit gebe; diese sind: 1. Der electrische Funke geht durch ein von fremden Gasen freies Quecksilber-Vacuum durch, indem er ungeschichtetes grünes Licht gibt, wenn der Raum nicht sehr gross ist; das Spectrum ist das des Quecksilbers. 2. Bei Gasen, in welchen das Licht geschichtet ist, nimmt der Abstand zwischen den Schichten immer zu, in dem Masse, als der Druck abnimmt. 3. Von allen Gasen gibt nur der Sauerstoff keine Schichten und ebenso der Quecksilberdampf. Wasserstoff, Stickstoff und Kohlensäure bildeten in der 24 Centimeter langen Röhre nur 3 Schichten, die sehr schwach leuchtend und fast unbeweglich waren. Eine Betrachtung derselben unter dem Mikroscop lehrte nichts Neues.

§. 14. Wie oben erwähnt, hat Gassiot bereits im Jahre 1861 gezeigt, dass man geschichtetes Licht im partiellen Vacuo auch mittelst einer elementenreichen Voltasäule erhalten kann; diese Versuche nahm Gassiot [2]) im Jahre 1865 wieder auf, und

---

[1]) A. Morren, *Ann. de Chem. et de Phys.* [4] T. IV, p. 325: *Sur la conductibilité électrique des gaz sous de faibles pressions* (1865). Auszug in: Pogg. Ann. Bd. 130, p. 612.

[2]) J. P. Gassiot, *Les Mondes* T. IX, p. 713: *Sur le changement de forme et de couleur, que prend la décharge électrique stratifiée, quand on fait varier la résistance dans une pile voltaique d'un très-grand nombre d'éléments* (1865).

die dabei neu gewonnenen Thatsachen mögen hier ihren Platz finden. Doch bevor ich daran gehe, diese aufzuzählen, will ich einige Worte über die Batterie und das ganze Arrangement der Versuche einschalten. In jede der Zellen seiner Zink-Kohle-Elemente (das Zink war amalgamirt) gab Gassiot anstatt Kupfervitriol, wie Daniell, Quecksilberbisulfat. Wird der Strom geschlossen, so bildet sich Zinkvitriol, indess das frei werdende Quecksilber das Zink amalgamirt. Zur Kohle kommt schwach angesäuertes Wasser. Der Widerstand in dieser Säule ist grösser, die chemische und electrische Kraft geringer als bei Anwendung von Salpetersäure, aber die Entladung ist constant und in einem sehr bemerkenswerthen Grade regelmässig. Durchgesandt wurde der Strom dieser Batterie durch Geissler'sche und auch durch selbstverfertigte Röhren.

Um geschichtetes Licht zu erhalten, schaltete Gassiot eine Röhre mit destillirtem Wasser ein, welche einen Durchmesser von $^1/_2$ Zoll und eine Länge von 3 Fuss hatte. In dieses Widerstandsrohr tauchten zwei Drähte, von denen einer in Verbindung mit der Säule, der andere in Verbindung mit der zu prüfenden Röhre stand. Tauchte nur ein Draht in das Wasser, während der andere nur die feuchte Wand des Widerstandsrohres berührte, so war eine leuchtende Entladung, die ganze Röhre ausfüllend, sichtbar, aber keine Schichtung. Sobald aber auch der zweite Draht mit dem Wasser in directen Contact kam, zeigte sich die Entladung aus lauter kleinen leuchtenden Scheibchen zusammengesetzt. Bei Verminderung des Widerstandes nahm die Zahl dieser Scheibchen ab, indem eines nach dem andern gegen den positiven Pol zu verschwand. Es blieben dann nur mehr 19 Schichten, die viel heller und deutlicher waren. Wurde der Widerstand noch weiter vermindert, so vereinigten sich die zwei dem negativen Pole zunächst befindlichen Scheiben, eine Schichte von der Form einer biconvexen Linse bildend. Die Seite dieser Linse, welche gegen den negativen Pol sah, war lichtblau (*bleue légère*), die entgegengesetzte fahlroth (*rouge fauve*), die Mitte aber brillant roth (*rouge brillant*) gefärbt. Bei fortgesetzter Verminderung des Widerstandes, nahmen auch die nächsten Schichten die Linsenform an, so dass endlich, wenn der Widerstand ganz beseitigt war, 19 biconvexe Schichten in der Röhre sich befanden. Die blauen und rothen Ränder waren nun viel intensiver und das helle Roth in der Mitte zog sich durch alle Schichten. Um dieses Verhalten der Schichten gegen Widerstände festzustellen, hat Gassiot mehr als 400 Röhren untersucht.

§. 15. Aehnlich wie Gassiot, gab auch Waltenhofen[1])

[1]) A. v. Waltenhofen, Sitzungsber. d. Wien. Akad. Bd. LI, p. 535: Einige Beobachtungen über das geschichtete Licht in höchst verdünnten Gasen (1865). Pogg. Ann. Bd. CXXVI, p. 527.

eine Darstellung der Art des Ueberganges von geschichtetem in ungeschichtetes Licht. Ein enges und ein weites Rohr waren durch eine Stahlfassung auf passende Weise vereinigt. Letzteres stand mit einer Quecksilberpumpe (von Kravogl) in Verbindung, ersteres war oben durch einen eingekitteten Stahlstöpsel, der auch als Electrode diente, verschlossen. Das gasförmige Medium in der Röhre bestand aus einem Gemenge von Wasserstoff, Stickstoff und Quecksilberdampf. Wenn anfangs die Spectra aller dieser drei Körper sichtbar waren, so verschwand bei einem Drucke unter einem Millimeter bereits das Stickstoffspectrum, während die Spectra der beiden übrigen Stoffe sich angegriffen zeigten. Die zu Beginn des Versuches hell leuchtenden weissen Schichten waren weit auseinander gerückt und traten nur mehr intermittirend auf. Bei fortgesetzter Verdünnung setzte sich an Stelle der Schichten eine schwachleuchtende, stahlgraue und continuirliche Lichtsäule, die dann auch intermittirend wurde und schliesslich ganz erlosch. Wenn die Schichten bei sehr hoher Verdünnung beobachtet wurden, so zeigten sich die Entfernungen der einzelnen Schichten von einander sehr unregelmässig, d. h. die dunkeln Intervalle hatten eine Länge von einem bis zu zwei Centimeter gleichzeitig und in einer und derselben Röhre. Auch waren diese Schichten nicht parallel, sondern unregelmässig gegeneinander geneigt. Dann und wann traten die Schichten auffallend hell hervor und dementsprechend auch die Spectra von Wasserstoff und Quecksilber, jedoch nie mehr vom Stickstoff.

Wurde Leuchtgas in die beschriebene Röhre eingeführt und dieses dann verdünnt, so entwickelten sich weisse Schichten von flach linsenförmiger Gestalt, die mit der fortschreitenden Verdünnung immer weiter auseinanderrückend an Dicke bis zu einem Centimeter zunahmen. Dann wurden die Ränder der Schichten immer undeutlicher und endlich gingen diese in einen continuirlichen Lichtstrom von geringer Helligkeit über.

Aus diesen Versuchen ergibt sich, dass die Schichtungen des electrischen Lichtes, welche bei zunehmender Verdünnung zunächst immer weiter auseinanderrücken und anwachsen, bei noch höheren Verdünnungen unregelmässig und intermittirend werden und dann allmählich verschwinden, indem sie sich in einen continuirlichen Lichtstrom auflösen, der endlich selbst erlischt.

§. 16. Grosse Mannigfaltigkeit zeigen die Schichtungserscheinungen in sogenannten Holtz'schen Trichterröhren. J. C. Poggendorff[1]) hat diese einer eingehenden Untersuchung unterworfen und die Resultate derselben in einer sehr ausführ-

[1]) J. C. Poggendorff, Pogg. Ann. Bd. CXXXIV, p. 1: Untersuchung veranlasst durch eine von Herrn Holtz erfundene neue electrische Röhre (1868).

lichen Abhandlung im Jahre 1863 veröffentlicht; natürlich kann es hier nicht meine Aufgabe sein, diese erschöpfend zu referiren. sondern muss ich mich vielmehr darauf beschränken, nur die wichtigsten Thatsachen daraus hervorzuheben.

Operirt wurde mit Trichterröhren, die aus fünf Kammern zusammengesetzt eine Länge von etwa zwei Fuss und einen Durchmesser von $^1/_2$ Zoll hatten, an deren Enden eingeschmolzene Aluminiumdrähte als Electroden dienten. Die Spitzen der Trichter sahen alle nach derselben Seite. Jene Lage der Röhre, bei welcher die Trichterspitzen gegen den positiven Pol gerichtet waren, nennt Poggendorff positive Lage, und jene, bei der die Trichterspitzen gegen den negativen Pol gewendet waren, die negative Lage der Röhre. Auch ich will mich der Kürze wegen im Folgenden dieser Ausdrücke bedienen. Von beiden Seiten des Inductoriums geht durch die Trichterröhre in Folge des grossen Widerstandes nach jeder Richtung nur der Oeffnungsstrom durch und zwar gewöhnlich geschichtet; die Zahl der Schichten in einer Kammer belief sich in der positiven Lage der Röhre auf sechs, in der negativen auf sieben. Inductorium und Influenzmaschine gaben dieselbe Erscheinung, vorausgesetzt, dass ihre Leistungsfähigkeit dieselbe war. Poggendorff unterscheidet beim Influenzstrom drei Arten desselben und bezeichnet den directen Uebergang des Stromes in die Röhre als continuirlichen, den mit Einschaltung einer Luftstrecke als discontinuirlichen und endlich den mit Zuhilfenahme einer Leydnerflasche als explosiven Strom.

Continuirlicher Strom, positive Lage der Röhre. Von der positiven Electrode und jeder Trichterbasis geht eine violett gefärbte Lichtsäule aus, sich der nächsten Trichterspitze bis auf eine kleine Entfernung nähernd. Die Entladung ist ungeschichtet oder im günstigsten Falle sind am positiven Ende der Röhre in der ersten Kammer einige verwaschene Schichten angedeutet. Wird nun der positive Pol ableitend berührt, so leuchten die Lichtsäulen heller und die Schichtung lässt sich auch in den übrigen Kammern erkennen, mit Ausnahme der Kammer am negativen Draht. — Negative Lage. Der Strom geht in Form einer gleichförmigen, violett gefärbten und continuirlichen Lichtsäule durch die ganze Röhre.

Discontinuirlicher Strom. In beiden Lagen der Röhre besteht das Licht aus einem gleichförmigen, violetten Nebel, der mit Ausnahme der nächsten Umgebung der Trichter alle Kammern erfüllt. Explosiver Strom. Zwei Leydnerflaschen sind im kurzen Schliessungsbogen eingeschaltet und entladen sich durch einen Funken in der Luft. So lange diese Luftstrecke sehr klein ist, leuchtet in der Röhre in beiden Lagen

eine ungeschichtete Säule, die aber in eine geschichtete übergeht, wenn der Funke grösser wird. Dieses Verhalten gab Van der Willigen für das electrische Ei an (§. 5). Poggendorf fand aber, dass die Grösse des Widerstandes, der zur Erzeugung der Schichten nöthig ist, abhängt von der Schlagweite des Entladungsfunkens, ja dass man sogar den Funken ganz unterdrücken kann und doch, ohne einen anderen Widerstand als den der kurzen Verbindungsdrähte und der Röhre selbst einzuschalten, Schichten erhalten kann. Die Flaschen werden nämlich schon geladen und entladen, wenn sich ausser der evacuirten Röhre keine Luftstrecke zum Ueberschlagen des Funkens befindet. So hatte eine evacuirte Röhre von $1^1/_2$ Fuss Länge und 1 Zoll Durchmesser in der ganzen Länge ohne eingeschmolzene Trichter bei funkenloser Entladung keine Schichtung; wurde nun aber eine Holtz'sche Trichterröhre eingeschaltet, so war in beiden Röhren geschichtetes Licht. Ging die funkenlose Entladung durch drei hinter einander eingeschaltete Trichterröhren, so traten die Schichten noch viel klarer und deutlicher auf. Uebrigens war selbst in diesem Falle durch einen äusseren Funken noch eine Steigerung möglich.

Der eigentliche explosive Strom, wo also ein Funke in freier Luft überschlägt, erfordert zur Hervorbringung der Schichten immer die Einschaltung eines Widerstandes. Als solche Widerstände kamen in Verwendung eine feuchte Hanfschnur, grössere Drahtmassen, eine Combination beider und endlich evacuirte Röhren. Eine feuchte 1 Zoll lange Hanfschnur wird eingeschaltet und die Röhre in die positive Lage gebracht. Ohne dass noch ein Funke in der freien Luft überspringt, erscheinen sehr bewegliche Schichten in allen Kammern, mit Ausnahme der am negativen Ende, in welcher die Schichten bald zu-, bald abnehmen. Berührt man nun das negative Ende ableitend, so verschwinden aus letzterer Kammer und zum Theile auch aus den zunächstliegenden die Schichten, während eine Berührung des positiven Endes sie zahlreicher und stetiger macht. Diese Erscheinungen werden wenig geändert durch Einschaltung einer Luftstrecke von circa einer Linie, welche der Funke dann zu überspringen hat. Bei einer Schlagweite von $2^1/_2$ bis 3 Linien sind die Schichten in der ganzen Röhre verschwunden; nur in der ersten positiven Kammer zeigen sich 3 bis 4 Schichten, während die übrigen von einem kaum sichtbaren blauen Nebel erfüllt sind. Sowie man aber das negative Ende der Röhre ableitend berührt, treten wieder die Schichten auf, geradeso wie bei einer Schlagweite von einer Linie. Die negative Lage der Röhre gibt dieselbe Erscheinung, nur ist die ableitende Berührung nicht im Stande, die Schichten hervorzurufen.

Die Einschaltung einer zwei Zoll langen, feuchten Hanfschnur gab bei der positiven Lage der Röhre schon bei einer Schlagweite von $^1/_2$ Linie sehr schöne Schichten in allen Kammern, ausgenommen die negative, welche vom dunkeln Raume occupirt ist. Bei Vergrösserung der Schlagweite ziehen sich die Schichten von den Trichterspitzen zurück, nehmen ab an Zahl und Intensität des Leuchtens, bis sie endlich verschwinden, indem sie einem schwachen Lichtnebel Platz machen. Eine fernere Vergrösserung der Schlagweite bis zu etwa sechs Linien, lässt wieder scharf begrenzte und hellleuchtende Schichten erscheinen. In der negativen Lage der Röhre kann man wol eine Abnahme der Lichtstärke, aber kein Verschwinden der Schichten beobachten.

Erreicht die Hanfschnur eine Länge von 6, 12, 24, 36 Zoll, so hat die Schlagweite des Funkens, sowie auch die Lage der Röhre auf die Erscheinung keinen Einfluss mehr, sondern die Schichten bleiben ungeändert.

Poggendorff ersetzte die feuchte Hanfschnur auch durch Drahtrollen in verschiedener Grösse, wodurch ebenfalls Schichtung erhalten wurde. Interessant ist die Beobachtung, dass, während eine gewisse Drahtrolle in einer bestimmten Röhre die Schichtung des Lichtes ganz deutlich bewirkte, ein gerade ausgespannter Draht, der beiläufig den doppelten Widerstand repräsentirte, als die erwähnte Rolle, unter sonst ganz gleichen Umständen in derselben Röhre nahezu von keiner schichtenbildenden Wirkung war, was wol den Inductionswirkungen der Spule auf den Strom zuzuschreiben ist. Diese Wahrnehmung gilt übrigens nicht nur für Trichterröhren, sondern auch für gewöhnliche, wenn sie überhaupt zur Schichtenbildung geeignet sind.

Anstatt der feuchten Schnur oder grosser Drahtmassen kann man auch gasigen Widerstand in den Schliessungsbogen bringen, d. h. mehrere evacuirte Röhren hintereinander verbinden. Es wurden drei Holtz'sche und zwei einfache cylindrische Röhren durch kurze Drähte verbunden, welche dann dieselben Erscheinungen bewirkten, wie ein fester oder flüssiger Widerstand. Daraus folgt also, dass eine lange Röhre Schichten zeigt unter denselben Umständen, unter welchen eine kurze dieselben nicht hat.

Am Schlusse der im Obigen besprochenen Abhandlung werden auch Experimente beschrieben, welche sich auf den Einfluss der Temperatur auf die Schichten beziehen. Bei einer Holtz'schen Trichterröhre, die durch den explosiven Strom zum Leuchten gebracht wurde, erwärmte Poggendorff mittelst einer Weingeistlampe eine mittlere Kammer. Die Schichten in

dieser Kammer verändern sich etwas, werden mit Beibehaltung ihrer Schärfe und Klarheit an der unteren Seite, wo die Röhre am wärmsten ist, am hellsten; in allen übrigen Kammern tritt eine Vermehrung bis auf das Dreifache der anfänglichen Zahl und darüber ein. Diese Erscheinung hält noch einige Zeit nach der Entfernung der Lampe an, dann vermehren sich die Schichten auch in der erwärmten Kammer und schliesslich wird der Anblick dieser dem der übrigen Kammern gleich. Die Lage der Röhre, die Grösse des Widerstandes und der Funkenstrecke ist ziemlich gleichgiltig. Merkwürdig ist aber, dass der Einfluss der Wärme bis zu einem gewissen Grade ein bleibender ist. Mehrere Wochen, nachdem die Röhren erwärmt wurden, waren verflossen, und doch zählte man ungefähr doppelt so viele Schichten als vor dieser Procedur. Eine Erkaltung der Röhre mit Eis blieb wirkungslos. Für den Inductionsstrom war die Wirkung der Wärme nur vorübergehend.

Auch der Einwirkung des Magnetes auf die Schichten widmet Poggendorff einen Abschnitt, worauf ich im zweiten Theile meiner Abhandlung kommen werde. (§. 29.)

§. 17. Welch' mannigfache Umstände auf das Schichtungsphänomen von Einfluss sind, zeigt auch ein Versuch von Gassiot.[1]) Bringt man nämlich in eine Vacuumröhre ein Kügelchen aus Uranglas in die Nähe der negativen Electrode, so zeigt es eine schöne Fluorescenz. Bewegt man es in der Richtung vom positiven zum negativen Pole, so werden die am positiven Pole undeutlichen Schichten deutlicher und scheinen sich der Bewegung des Kügelchens anzuschliessen. Bewegt man das Glasstückchen in der entgegengesetzten Richtung, so nehmen auch die Schichten diese an.

§. 18. Im Jahre 1874 machte Neyreneuf[2]) eine Mittheilung über einen besonderen Fall, der ebenfalls gestattet, geschichtetes Licht zu erzeugen. Ersetzt man, sagt Neyreneuf, den Metallstreifen, welcher bei einer Holtz'schen Maschine die beiden Leydnerflaschen in Cascadenanordnung verbindet, durch eine Geissler'sche Röhre und stellt den Funkenzieher so, dass die Maschine kleine, mit grosser Schnelligkeit aufeinander folgende Funken gibt, so gehen zwei entgegengesetzte Ströme, von denen der eine die Ladung, der andere die Entladung der Flaschen repräsentirt, mit ebensolcher Schnelligkeit durch die Geissler'sche Röhre, in der man dann die Schichten sehr schön erscheinen sieht. Um damit auch bei langen und breiten Röhren

[1]) Gassiot, Rep. of. Brit. Assoc. 1859, 2. p. 11. Auszug in den Fortschritten der Phys. 1869.

[2]) Neyreneuf, C. R. T. LXXIX p. 158: *Sur la stratification de la lumière électrique* (1874).

zu reussiren, ist es nöthig, die gewöhnlichen kleinen Flaschen durch Gläser grosser Dimensionen zu ersetzen. Diejenigen, von denen er Gebrauch machte, hatten 1873 Quadrat-Centimeter Oberfläche.

§. 19. Bidaud [1]) brachte eine Geissler'sche Röhre von 0·6 Meter Länge durch Influenz, ausgeübt von dem Conductor einer Carré'schen Maschine, zum Leuchten, indem er einen Platindraht durch ein Kettchen mit der Erde in Verbindung setzte, das andere Ende der Röhre dem Conductor auf eine Entfernung von 1—4 Centimeter näherte. Unter diesen Bedingungen erhielt er ein purpurrothes continuirliches Lichtbüschel durch Influenz, welches die Schichtung in ihrer ganzen Schönheit zeigte. Kam aber ein Funke zum Ueberspringen, oder berührte der Draht den Conductor, so verlor die Schichtung an Deutlichkeit und der Lichtschwall wurde continuirlich. Mit dem Durchgange eines Ruhmkorff-Stromes verglichen, war kein Unterschied zu finden.

§. 20. Um die beiden Ströme eines Inductoriums für das Auge zu trennen, haben mehrere Forscher sich eines rotirenden Spiegels bedient, und auf diese Art den für unsere Sinne nicht mehr wahrnehmbaren Zeitunterschied in einen deutlich sichtbaren Raumunterschied umgewandelt. So unter anderen (§. 7) auch A. Wüllner [2]), der die Entladungen eines grossen Ruhmkorff-Apparates in Geissler'schen Röhren studirte. Die dabei angewandten Röhren waren cylindrisch, besassen einen Durchmesser von 0·5—5 Centimeter, eine Länge von 10, 20 und 70 Centimeter und hatten an beiden Enden den dort befindlichen Platinelectroden gegenüber Glashähne angesetzt. Gefüllt wurden die Röhren mit Luft, sowie sie sich eben im Versuchsraume befand. In einer Röhre von 10 Centimeter Länge und 1 Centimeter Durchmesser erhielt Wüllner anfangs 6 Schichten, die sich nach und nach auf 10 vermehrten, da sich die vier dem positiven Pole nächsten Schichten, aus dem positiven Pole herauskommend, erst später entwickelten. In den Schichten selbst, namentlich zu Beginn der Entladung, waren bei einem Drucke von ca. 1 Millimeter Anschwellungen sichtbar. Im rotirenden Spiegel erscheinen die Schichten nach dem ersten stossweisen Hervorbrechen des positiven Lichtes als leuchtende Wellenlinien, deren aufsteigende und absteigende Aeste den einzelnen Stössen des positiven Lichtes entsprechen, was aus folgender Beobachtung hervorgeht. Lässt man nämlich den Schliessungsstrom,

[1]) Bidaud, *Compt. Rend.* T. LXXIX, p. 374: *Stratification de la lumière électrique* (1874).

[2]) A. Wüllner, Pogg. Ann. (Jubelband) 1874: Studien über die Entladung des Inductionsstromes in mit verdünnten Gasen gefüllten Räumen.

nachdem man ihn durch Einschaltung einer Luftstrecke längere Zeit fortgenommen, wieder zu Stande kommen, so besteht das positive Licht desselben bei den ersten 2—3 Entladungen oft aus lauter einzelnen, stossweise hervorkommenden Lichtlinien, in welchen keine Schichtung zu erkennen ist. Nun bilden sich erst die Schichten aus, und man sieht im Spiegel auch dann noch eine Weile die Schichten von solchen Lichtlinien durchsetzt, die den Zacken der Wellen zu entsprechen scheinen.

Bei steigendem Drucke zieht sich die Schichtung gegen den negativen Pol zurück, während der Theil des Büschels, der in der Nähe des positiven Poles ist, bereits continuirlich erscheint, so dass bei 3·5 Millimeter nur mehr zwei Schichten am Ende des Büschels auftreten. Auch der Spiegel gibt dann ein gleichmässig helles Gesichtsfeld. Bei 4 Millimeter waren auch die letzten zwei Schichten verschwunden. Der Gang der Erscheinungen bei verschieden langen und weiten Röhren war ein dem geschilderten ganz analoger, wesshalb ich nicht näher darauf einzugehen brauche.

§. 21. Auch Warren de la Rue und W. Müller[1]) beobachteten die Erscheinungen in Geissler'schen Röhren unter Zuhilfenahme eines rotirenden Spiegels. Als Electricitätsquelle benützten sie aber ähnlich wie Gassiot (§§. 7 u. 9) den einfachen Voltastrom, den ihnen eine Chlorsilberbatterie von 3240 Elementen lieferte.[2]) Als äusserer Widerstand kamen in Verwendung eine Säule destillirten Wassers, ein Gemisch von Wasser und Glycerin oder auch ein Stab aus Selen, von welchem nach Belieben ein grösseres oder ein kleineres Stück in den Schliessungsbogen einbezogen werden konnte. Durch ein gezahntes Rad konnte der Strom bis zu 1800 Malen in der Secunde unterbrochen werden. Mit Hilfe aller dieser Vorrichtungen konnten die genannten Forscher ein Licht erzielen, dessen Schichten so constant und stabil waren, dass sie photographirt werden konnten. Es kam auch häufig vor, dass die Pulsationen so rasch aufeinanderfolgten, dass man infolge dessen die Schichten nicht mehr unterscheiden konnte; in diesem Falle wurden sie dann durch den rotirenden Spiegel sichtbar gemacht. Es war aber beinahe immer möglich durch einen zweckmässig gewählten Widerstand ruhige und constante Schichten zu gewinnen.

§. 22. Es scheint mir dem Zwecke dieser Abhandlung entsprechend zu sein, wenn ich am Schlusse des I. Theiles eines Gesetzes, betreffend das Verhältniss der Schichtenzahl zur Verdünnung, erwähne, welches Reitlinger und ich[3]) im vorigen Jahre

[1]) Warren de la Rue et W. Müller, *Compt. Rend.* T. LXXXI, p. 746 (1876).
[2]) *Compt. Rend.* T. LXXXI und Pogg. Ann. 1876, p. 290.
[3]) Reitlinger und v. Urbanitzky, Ber. d. Wien. Akad. 12. October 1876: Ueber einige merkwürdige Erscheinungen in Geissler'schen Röhren.

(1876) durch zahlreiche Versuche feststellten. Dasselbe lautet: So lange die chemische Beschaffenheit der leuchtenten Gassäule und die übrigen Umstände mit Ausnahme der Dichtigkeit als unverändert angenommen werden dürfen, nimmt die Zahl der Schichten im Verhältnisse der Verdünnung ab, oder mit anderen Worten, das Intervall vom Mittelpunkte einer hellen Schichte bis zu dem der nächsten wächst proportional der Verdünnung.

Allerdings haben schon drei Physiker dieses Gesetz mehr oder weniger deutlich ausgesprochen (§§. 7, 13 und 15), doch scheint es mir durchaus nicht überflüssig, ein so einfaches, in seiner Tragweite und seinen Consequenzen wenigstens für ein gewisses Gebiet aber doch nicht unwichtiges Gesetz klar und präcis auszusprechen und durch exacte Versuche zu verificiren. Die von uns untersuchten Gase waren Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Luft und Kohlensäure, die wir in sogenannten Wüllner'schen Röhren durch einen Ruhmkorff-Strom zum Leuchten brachten. Zur Evacuirung diente uns eine Geissler'sche Quecksilberluftpumpe. Aus den zahlreichen Versuchsreihen, die wir ausführten, will ich beispielsweise eine hier einschalten, bei welcher wir die Röhre mit Stickstoff füllten und diesen verdünnten. Wie die Spectralanalyse ergab, war er nicht vollkommen trocken, da wir ausser den Stickstofflinien auch die des Wasserstoffes ganz deutlich erhielten.

Druck in der Röhre:		Breite einer Schichte:	
9	Millim.	0·5	Millim.
3	„	2·0	„
2	„	3·0	„
1·25	„	5—7	„
0·5	„	10	„

Auch sahen wir bei Barometerständen von 2—3 Millimeter oft scheinbar lebhaft wogende schmale Schichten, die bei höheren Verdünnungen breiter und stabiler wurden. Berührte man dann die Röhren am negativen Pol, so trat eine Bewegung der Schichten gegen den positiven Pol ein und dieselben waren der Zahl nach um eine oder zwei vermindert.

§. 23. Diese Verschiebung der Schichten hat in neuester Zeit auch Spottiswoode[1]) studirt. Er wandte dazu Interruptoren an, welche ihm gestatteten, den Strom 250—2000 Mal in der Secunde zu unterbrechen. Ein durch diesen Interruptor mit einer Chromsäurekette verbundener Inductionsapparat lieferte bei rascher Drehung sehr beständige Schichten in der Entladungsröhre. Sie waren stabil oder verschoben sich vor- oder rückwärts; bei langsamer Drehung waren sie unstet, so dass

[1]) W. Spottiswoode, *Proc. Roy. Soc.* XXV, p. 547 (1877).

die Unstetigkeit auf die Unregelmässigkeit der Schliessung und ungleiche längere Dauer der Schichten selbst zurückzuführen ist. Die Verschiebung der Schichten entspricht dann ihrer verschiedenen Lage bei den successiven Entladungen. Sind bei einem bestimmten Widerstande die Schichten stationär, so verschieben sie sich bei Vermehrung desselben scheinbar vorwärts zur negativen Electrode, bei Verminderung des Widerstandes rückwärts zur positiven Electrode. Wird im ersten Falle der Widerstand weiter vermehrt, so nimmt die scheinbare Vorwärtsbewegung allmählich so zu, dass man sie mit dem Auge nicht mehr verfolgen kann, wird dann langsamer und kehrt sich zuletzt sogar um, wenn die Entfernung zweier, zeitlich auf einander folgender und einander correspondirender Schichten allmählich bis auf den Abstand zweier Schichten derselben Entladung und darüber steigt.

Ebenfalls in neuester Zeit hat auch W. Holtz (Pogg. Ann. CLX, p. 555) mitgetheilt, dass Flammen eingeschaltet im Entladungswege einer Leydner Flasche einen Widerstand von immerwährend wechselnder Grösse liefern. Geht also die Entladung durch eine Geissler'sche Röhre, so bilden sich in dieser Schichten, wie auch sonst bei eingeschaltetem Widerstande, aber mit immer anderem Aussehen. Betrachtet man diese Erscheinung bei grösserer Schlagweite und mit grösseren Leydnerflaschen, so weichen nicht nur die Schichten verschiedener Entladungen von einander ab, sondern bereits bei einer und derselben Entladung treten verschiedene Formen und zwar in gesetzmässiger Wiederkehr auf und bestätigen, dass auch eine einzelne Entladung, wie man schon lange annimmt, aus einer grösseren Anzahl von Partialentladungen bestehen kann.

II.

§. 24. Nachdem im Jahre 1849 A. de la Rive[1]) gelegentlich einer Untersuchung über den Ursprung des Nordlichtes, gezeigt hatte, dass die Pole eines Electromagnetes die electrisch leuchtende Säule, hervorgerufen in sehr verdünnter feuchter Luft, zu drehen streben, nachdem in den Jahren 1858 und 1859 Plücker in einer Reihe von Abhandlungen die Gesetze dieser ablenkenden Kraft des Magnetes gegeben hatte, war es wol nur eine unausbleibliche Folge, dass man auch der Einwirkung des Magnetes auf die Schichten electrisch-leuchtender Gassäulen Beachtung schenkte. Es kann uns daher nicht Wunder nehmen, wenn aus den Jahren 1858 und 1859, also nahezu (theil-

[1]) A. de la Rive, *Compt. Rend.* T. LVI, p. 674: §. III.

weise wirklich) gleichzeitig, Beobachtungen über die letzterwähnten Wirkungen des Magnetes von drei Physikern vorliegen.

§. 25. So hat Gassiot [1]) im Anschlusse an seine im §. 7 beschriebenen Experimente auch das magnetische Verhalten von Inductionsströmen in verdünnten Räumen beachtet und bezüglich der Schichten mitgetheilt, dass ein mächtiger Magnet dieselben aus der positiven Electrode, welche die Form einer Kugel hatte, herausziehe, dass in dem Falle, in welchem die negative Electrode mit Quecksilber bedeckt ist, wo, wie wir gesehen haben, gewöhnlich keine Schichten vorhanden sind, der Magnet solche hervorzurufen im Stande ist, dass derselbe überhaupt, die Schichten vom positiven Pole herausziehend, die Spirale verlängert und die Schichten selbst deutlicher und schärfer macht. Wenn die Schichtung durch Gefrieren des Quecksilbers aufgehoben war, traten durch die magnetische Kraft wieder 8—10 Schichten auf. Ausserdem war in allen diesen Fällen die Lichtsäule, den Plücker'schen Gesetzen folgend, seitwärts abgelenkt.

§. 26. Auch Plücker [2]) hat eine ähnliche Beobachtung gemacht. Er schreibt darüber folgendermassen: „Wenn in solchen Röhren (Geissler'schen) und namentlich in einer Erweiterung derselben das Licht ein zerstreutes ist und keine Spur von Schichtung zeigt, so treten die dunkeln Intervalle sehr häufig durch den Magnet hervor, indem derselbe durch Anziehung oder Abstossung das zerstreute Licht concentrirt." In einer späteren Abhandlung [3]) theilt Plücker mit, dass eine Röhre, mit schwefeliger Säure gefüllt, feine violette Schichtung zeigt, die beim Hindurchgange des Inductionsstromes, unter gleichzeitiger chemischer Zersetzung des Gases und Aenderung der Farbe, in ruhige und wolkenartige Schichtung übergeht. Diese Schichten werden alsdann, wenn man auf sie den Magnet wirken lässt, in den dunkeln Raum hineingezogen.

§. 27. Letztere Erscheinung hat Riess [4]) in einer aus zwei ungleichweiten ($3^1/_2$ und $11^1/_2$ Linien Durchmesser) Theilen bestehenden Röhre erhalten, indem er dieselbe mit Leuchtgas füllte, dieses bis auf einen Druck von $1^1/_2$ Linien brachte, Luft einströmen liess und nun dieses Gemenge neuerdings auf $1^1/_2$ Linien verdünnte. Wurde jetzt die Röhre in den Strom eingeschaltet, so war bei einer gewissen Richtung des letzteren nur der enge Theil mit Licht erfüllt. „Umfasst man dann," sagt Riess, „die weite Röhre mit den Schenkeln eines Stahlmag-

[1]) Gassiot, *Phil. Trans.* T. CXLVIII, p. 1 (Jänner 1858), ibid. T. CXLIX, p. 137 (1859).
[2]) Plücker, Pogg. Ann. Bd. 103, p. 96 (1858).
[3]) ibid. Bd. 105, p. 72 (1858).
[4]) P. Riess. Pogg. Ann. Bd. 104, p. 322 (1858).

netes, so wird ein grosser Theil derselben mit geschichtetem Lichte erfüllt und zwar werden die Lichtscheiben je nach der Lage der Pole des Magnetes nach der einen oder anderen Seite hingedrängt.“ Sowol Inductionsapparat als auch Electrisirmaschine geben diese Erscheinung gleich auffallend.

§. 28. Von einem Deutlicherwerden der Schichten durch den Magnet sprechen Trève [1]) und früher schon Gassiot. [2]) Letzterer erzählt, dass bei den oben (§. 14) beschriebenen Röhren mit den 19 linsenförmigen Schichten, sich diese, wenn man die Röhre zwischen den Polen eines kräftigen Electro-Magnetes bringt, unmittelbar trennen, so scharf, als ob man einen Widerstand eingeschaltet hätte, aber abgelenkt waren im Sinne der magnetischen Kraftwirkung *(. . . et les disques se sont séparés immédiatement, précisément comme si on avait introduit une résistance, mais ils etait infléchis . . .)*.

§. 29. Poggendorff [3]) hat das magnetische Verhalten der Schichten bei Ventilröhren studirt. Umfasst man das positive Ende, welches die kleine Drahtfläche enthält, mit den Schenkeln eines Stahlmagnetes und führt diesen allmählich gegen das negative Ende, so bilden sich anfangs vor und hinter ihm Schichten; bei weiterem Vorwärtsgehen entstehen die Schichten vor ihm nicht mehr, sondern folgen nur mehr rückwärts nach. Hat der Magnet die negative Scheibe erreicht, so hören in einer Entfernung von 1—2 Linien von derselben die Schichten auf und werden auch am positiven Pole schwächer. Sie erscheinen am zahlreichsten und hellsten, wenn die Schlagweite des Funkens so gewählt wurde, dass schon ohne Magnet am positiven Pole einige Schichten sichtbar sind. In Röhren, die ohne Magnet keiner Schichtenbildung fähig sind, ruft auch der Magnet keine hervor.

§. 30. Ferner hat im Jahre 1874 Wüllner [4]) sich mit dem Studium der jetzt besprochenen Erscheinungen befasst. Näherte er eine seiner Röhren (§. 20), deren positives Lichtbüschel geschichtet war, den Polen eines kräftigen Hufeisenmagnetes, so wurde das positive Licht in die Röhre hinabgezogen, indem neue Schichten vom positiven Pole, der Annäherung entsprechend, dazu kamen. Zwischen den Polen des Magnetes waren die Schichten viel näher aneinander als zu beiden Seiten desselben, und gleichzeitig so ruhig, dass sie im rotirenden Spiegel als parallele Streifen und entgegengesetzt

---

[1]) Trève, *Compt. Rend.* T. LXX, p. 36, *Action du magnétisme sur les gaz* (1870).

[2]) Gassiot, *Les Mondes*, T. IX, p. 715 (1865).

[3]) Poggendorff, Ann. Bd. 134, p. 41 (1868).

[4]) A. Wüllner, Pogg. Ann. 1874 (Jubelband), p. 45, §. 4.

gekrümmt erschienen, wie ohne Magnet. Dieser bewirkt, dass die Stösse des positiven Lichtes weiter in die Röhre hineindringen und dass die Stellen, an welchen die positiven Lichtstösse ein Maximum der Lichtstärke haben, immer nahezu dieselben sind. Der schichtenvermehrende Einfluss des Magnetes besteht nur so lange, als das Licht auch ohne denselben Schichten zeigt. Ein Hufeisenmagnet, bestehend aus 5 Lamellen (zusammen 4 Centimeter dick), vermehrte die Zahl der Schichten um mehr als das Doppelte.

§. 31. Reitlinger und ich[1]) sahen im vorigen Jahre (1876), dass die Schichten nicht nur vermehrt wurden durch den Magnet, sondern auch, dass diese Vermehrung mit der Annäherung der Magnetpole in regelmässiger und zählbarer Weise vor sich ging, also mit der Stärke der magnetischen Kraft auf das Innigste verknüpft ist. Der Electromagnet, dessen wir uns bedienten, ist einer von grossen Dimensionen, wurde aber nicht auf seine volle Stärke in Anspruch genommen, da eine Erregung desselben durch 6—8 Bunsen'sche Elemente vollkommen ansreichend war, alle Erscheinungen klar und deutlich hervorzurufen. Derjenige weite Theil einer Geissler'schen Wasserstoffröhre, welcher die negative Electrode enthielt, hatte z. B. 20 graue Schichten (§. 9). Zwischen den nicht sehr nahe gerückten Polen unseres Magnetes stieg diese Zahl auf 30, bei Näherrückung der Pole auf 40 und darüber. Das scheinbare Auf- und Abwogen der Schichten, von der Veränderung des Ortes durch die aufeinander folgenden Stromunterbrechungen am Ruhmkorff herrührend, war beinahe ganz verschwunden. Ein Wechsel der Magnetpole hatte auf die Vermehrung der Schichten keinen Einfluss, sondern bewirkte nur die von Plücker angegebene seitliche Ablenkung nach der einen oder anderen Seite der Röhre. Eine Holtz'sche Trichterröhre, die Luft enthält, leuchtete in ihrer positiven Lage mit 4 bis 5 Schichten in den mittleren und 2—3 Schichten in den Endkammern. Befand sich diese Röhre so zwischen den beiden kegelförmigen Polen des Magnetes, dass die Verbindungslinie der beiden Kegelspitzen durch die negative Electrode ging, so stieg die Zahl der Schichten in der ersten (d. h. der unmittelbar zwischen den Spitzen befindlichen) Kammer von 2 bis 3 auf 20 bis 30, in den nächsten von 5 auf 15 und von 4 auf 7. Gleichzeitig hatte sich das Glimmlicht der negativen Electrode in der magnetischen Fläche angeordnet. Ein kleiner Hufeisenmagnet aus 3 Stahllamellen gebildet, vermehrte die Zahl der Schichten durchschnittlich um drei, zeigte

[1]) Reitlinger u. v. Urbanitzky, Wien. Ber. Bd. LXXIII, p. 1 und Anzeiger Nr. XIV von 1876, Anzeiger Nr. X, 1877.

aber auf das Glimmlicht keine Wirkung. Daraus folgt also, dass zur Vermehrung der Schichtenanzahl viel geringere Kräfte ausreichen, als zur Bildung der negativen Fläche. Die durch den Magnet in ihrer Zahl vermehrten Schichten waren nicht immer senkrecht zur Stromrichtung, sondern sehr häufig geneigt zu ihr und schlossen mit derselben in manchen Fällen einen Winkel von 45° ein. Auch das bereits von anderen Forschern angegebene Hervorquellen der Schichten aus dem positiven Pole haben wir beobachtet und gefunden, dass dasselbe bei der Trichterröhre auch von jedem Trichter gilt, mochte derselbe Spitze oder weite Oeffnung der negativen Electrode zukehren. Bei den Spectralröhren gilt dies von der positiven Electrode und jenem Ende des engen Theiles, welches der negativen Electrode zugewandt ist.

Sehr merkwürdig und daher gewiss der Erwähnung würdig fanden wir, dass die Lichtbüschel an den Trichterspitzen sich gegen den Magnet wie negatives Glimmlicht verhalten, d. h. jedes solche Lichtbüschel zieht sich in jene Lichtlinie zusammen, welche die magnetische Kraftlinie durch die Trichterspitze und die beiden Magnetpole ist. Bei Angabe der Zahl der Schichten wurde daher dieses Büschel auch nie mitgerechnet.

§. 32. Brachten wir eine unserer cylindrischen Röhren in vertikaler Stellung mit der Kathode zwischen die Pole des Electromagnetes, so ordnete sich das geschichtete Anodenlicht in der bekannten von Plücker angegebenen Lage an. Näherte man nun einen dritten Magnetpol, so bewirkt dieser eine derartige Ablenkung, als ob die Lichtfläche an der Kathode durch den ursprünglichen Magnet paramagnetische, jede Schichte des Anodenlichtes aber diamagnetische Polarität erhalten hätte. Verbindet man nur eine Electrode der Röhre mit dem Inductionsstrome, so bildet der Magnet an derselben Drahtelectrode zwei auf einander senkrechte in der Färbung und Leuchtkraft verschiedene Flächen, eine äquatoriale und eine axiale. Dieses gleichzeitige Auftreten beider Flächen unter den angegebenen Umständen ist durch Anwendung des Ampére'schen Gesetzes wol nicht erklärbar, wol aber durch Annahme der oben erwähnten Polarität, wenn noch, wie es Plücker schon zu thun genöthigt war, eine eigenthümliche Bewegung jener Gastheilchen, die das Anodenlicht bilden, in Anspruch genommen wird. Die Annahme dieser Ansicht würde auch die Möglichkeit darbieten, aus den beschriebenen Erscheinungen das Wesen des Para- und Diamagnetismus selbst ableiten zu können.

Am Schlusse dieses Theiles will ich mit einigen Worten noch die Vorstellung erwähnen, die wir uns über die Ursache der Schichtenvermehrung durch den Magnet gebildet haben. Sie

besteht im Folgenden: Der Magnet verdichtet zunächst die von ihm an das Glas gedrängte Gassäule[1]), entsprechend ihrem geringeren Durchmesser und der grösseren Leuchtkraft; diese Verdichtung ist dann laut §. 22 die Ursache, dass eine eben so lange Gassäule wie früher mehr Schichten enthält. An die erwähnte, zählbare Vermehrung der Schichten durch magnetische Einwirkung und an das in dem eben angeführten Paragraph ausgesprochene Gesetz knüpfen wir die Hoffnung, es werde sich durch fortgesetzte Beobachtungen eine gesetzmässige Beziehung feststellen lassen zwischen der magnetischen Kraft einerseits und der Verdichtung von Gasen in Geissler'schen Röhren anderseits.

III.

§. 33. Es kann wol nicht Wunder nehmen, dass eine Erscheinung, welche die Aufmerksamkeit und Arbeitskraft so vieler Forscher zu fesseln vermochte, auch viele derselben veranlasste, gestützt auf ihre Experimente, Theorien aufzustellen, um die Schichtung selbst, sowie auch die Ursachen und Bedingungen ihrer Entstehung zu erklären. Die ersten Theorien wurden wol von Grove und Gaugain[2]) versucht, aber bald durch neue Thatsachen die Unmöglichkeit, sie zu halten, dargethan, weshalb ich mich hier begnügen will, sie bloss anzudeuten. Wenn Grove die Vermuthung aussprach, die Schichtung könne durch den Hammergang des Inductoriums bewirkt sein, so wurde dies durch so viele Thatsachen widerlegt, dass ich mich wol mit dem blossen Hinweis auf diese bezüglichen Experimente begnügen darf. (Siehe §§. 5, 6, 7, 14 u. s. w.)

Gaugain's Theorie, die beinahe eben so schnell mit den Thatsachen in Widerspruch kam, besteht im Folgenden:

Der erste Effect der electrischen Kraft sondert materiell das gasförmige Medium in Schichten verschiedener Natur; dann bewirkt der Durchgang des Stromes die Verbrennung *(l'inflamation)* der verbrennbaren Schichten, die sich aus demselben Grunde heben, aus welchem die Flammen unserer Kamine in die freie Luft zu steigen streben. Die materielle Beschaffenheit schliesst Gaugain aus der Beobachtung, dass sich die Schichten bewegen lassen, wenn man Gas in die Röhre einströmen lässt, oder solches aus der Röhre aussaugt. Diese Thatsache entspricht später zu erwähnenden Theorien eben so gut als der jetzt besprochenen; die Forderung aber, dass eine

[1]) Anmerkung: Dass der Magnet das Gas in seine Nähe zieht und verdichtet, haben schon de la Rive und Sarasin beobachtet. *(Arch. des Sciences phys. et nat. Nouv. sér.* T. XLI, p. 5).

[2]) Grove sowie auch Gaugain l. c.

Verbrennung im Stande sein sollte, stundenlang im abgeschlossenen Raume einer Geissler'schen Röhre Schichten zu bewirken, musste zur Verwerfung der ganzen Theorie führen.

§. 34. Van der Willigen's Ansicht (l. c. p. 499), dass die dunkeln Querstriche die Folge eines stossweisen Ganges in der Entladung seien, ist widerlegt durch den rotirenden Spiegel, in welchem die aufeinanderfolgenden Partialentladungen neben einander erscheinen und doch jede einzelne die Schichtung zeigt; auch wurde diese Ansicht von ihm selbst später verworfen. (§. 40.)

§. 35. Morren[1]) schreibt die Schichtung der Unzulänglichkeit *(l'insuffisance)* des gasförmigen Mediums für die Entladung zu, in Folge dessen Seitenentladungen stattfinden und diese, wie auch Induction auf benachbarte Körper, bilden dann das Schichtungsphänomen. Diese Theorie stützt er auf folgende Thatsache: Wenn man eine kräftige Entladung durch dünne Metalldrähte z. B. aus Platin, Gold oder Silber sendet, so werden letztere zerstäubt und ein sie umhüllender Papiercilinder zeigt helle und dunkle Streifen, die auf der Richtung des Stromes normal stehen. Diese Erscheinung erklärt Morren durch Seitenentladungen, die durch den grossen Leitungswiderstand provocirt werden. Dass diese Erklärung nicht stichhältig ist, hat, wie wir unten (§. 37) sehen werden, Reitlinger gezeigt, desgleichen auch die Annahme von Seitenentladung als Schichtenbildnerin in Geissler'schen Röhren durch die Perlschichtung (§. 9), wo zu Seitenentladungen in einer Röhre von der Weite der Thermometerröhren doch gewiss kein Raum ist, als eine unmögliche Annahme ausgeschlossen.

§. 36. Gleichwie Gassiot[2]) annimmt, dass die geschichtete Entladung entstehe, „durch Impulse einer Kraft, welche auf sehr verdünnte, aber widerstehende Mittel wirkt", hat auch Riess[3]) diese Ansicht als ersten Theil seiner Theorie acceptirt. Er meint nämlich, dass durch diese Impulse abwechselnd verdichtete und verdünnte Schichten des in der Röhre enthaltenen Gases entstehen, wobei dann in den verdichteten Schichten continuirliche Entladungen, in den dünneren Schichten aber discontinuirliche Entladungen stattfinden. Indem nun die discontinuirlichen Entladungen hell, die continuirlichen dunkel sind, kommt die in Rede stehende Erscheinung zu Stande.

§. 37. Reitlinger[4]) nimmt an, dass die besser leitenden Schichten die dunkeln, die schlechter leitenden die leuchtenden Stellen bilden, und sieht die verschiedene Leitungsfähigkeit

---

[1]) Ch. Morren, Cosmos T. XIV, p. 127.
[2]) Gassiot, *Bakerian lecture* 1858.
[3]) P. Riess, Pogg. Ann. Bd. 106, p. 127, Ber. d. Berl. Akad. 1856, 256.
[4]) Edm. Reitlinger, Wien. Ber. Bd. XLIII, p. 15.

dadurch bewirkt, dass die hellen und dunkeln Schichten verschiedenen Stoffen entsprechen. Bei dieser Annahme ist es daher nicht nöthig, stets wechselnde Entladungsarten (continuirliche und discontinuirliche) in den aufeinander folgenden Schichten anzunehmen, da das Leuchten oder Nichtleuchten dann so erklärt wird, dass der schlechter leitende Körper mehr erwärmt wird, als der besser leitende, und daher dieser dunkel bleibt, indess jener glüht. Dieses Verhalten der Gase kann an festen Körpern sehr schön versinnlicht werden, wenn man, wie Grove angibt, einen Schliessungsbogen abwechselnd aus Kupfer- und Platinstückchen bestehend zusammensetzt; die Platinstückchen als schlechtere Leiter werden dann bei einer gewissen Stromstärke glühen, die Kupferstückchen nicht. Den Beweis für die Stoffschichtung in Geissler'schen Röhren erbrachte Reitlinger in den Versuchen, die ich bereits im §. 9 mitgetheilt habe. Am Schlusse der dort citirten Abhandlung fasst er seine Theorie in folgenden Worten zusammen: „Die Schichtung des electrischen Lichtes in Gasgemengen beruht auf einer Trennung derselben in abwechselnde Schichten von besser und schlechter leitenden Stoffen. Da schlechter leitende Stoffe durch den Durchgang des Stromes stärker erwärmt werden, als besser leitende, so werden innerhalb einer gewissen Stromstärke die ersteren leuchten, während die letzteren dunkel sind."

§. 38. Hiermit ist allerdings erklärt, dass die Gassäule in Geissler'schen Röhren nach Stoffen geschichtet ist, aber nicht, warum sich diese Schichten bilden. Die Lösung dieser Frage suchte Reitlinger in einer späteren Arbeit in Gemeinschaft mit Žerjau[1]) zu finden. Wie wir gesehen haben, hat Reitlinger in einer früheren Abhandlung schon gezeigt, dass Morren's Theorie der Seitenentladungen für Geissler'sche Röhren nicht anwendbar ist; damit war aber noch nicht ausgeschlossen, dass sie für die geschichteten, durch Zerstäubung von Drähten hervorgerufenen Spuren auf Papiercilindern ihre volle Giltigkeit habe. Diese Frage zu beantworten, betrachteten nun Reitlinger und Žerjau als ihre nächste Aufgabe. Ein eingehendes Referat darüber würde mich jedoch zu weit führen, wesshalb ich mich damit begnüge nur das Wichtigste daraus mitzutheilen. Sie fanden, dass mit vergrösserten Schlagweiten die Schichten auf den Papiercilindern zunächst immer dichter werden, nach einem Maximum der Dichte wieder weiter auseinanderrücken und bei noch stärker vergrösserter Schlagweite ganz verschwinden; dass sie mit der fortschreitenden Luftverdünnung breiter werden und endlich einer fleckigen Zeichnung Platz

[1]) Reitlinger u. Žerjau, Wien. Ber. Bd. XLVI, p. 352.

machen; dass die Schichten bei gleicher Schlagweite und gleichem Barometerstande in Kohlensäure enger, in Wasserstoff weiter als in Luft sind. Auf die jetzt angegebenen Thatsachen gestützt, wird die Bildung dieser Schichten auf folgende Weise erklärt: Wenn der Draht durch den eigentlichen Entladungsschlag zerstäubt ist, so erfüllen Metalldampf und verdünnte Luft den Papiercilinder; das bei so kräftigen Ladungen stets bedeutende Residuum geht dann theilweise durch dieses Gemenge und schichtet die Stoffe. Bei der nun folgenden Abkühlung des Metalldampfes condensirt sich dieser auf dem Papier und bildet so die Schichten. Soll der Vorgang in dieser Art stattfinden, so bedarf er offenbar einer gewissen Zeit, was auch beide Forscher beobachtet haben. Der Draht wurde mit einem Papiercilinder umgeben, dessen Ränder übereinander griffen an der Innenseite, nach Aussen aber mit Siegellack verkittet waren. Nach der Entladung aufgerollt, zeigte das Papier sich in einer bestimmten Ausdehnung gefärbt und darüber geschichtete Streifen, die aber nicht mit dem Ende des Hintergrundes begrenzt waren, sondern über dasselbe hinausragend, sich auf dem helleren Hintergrunde ein kleines Stück fortsetzten. Der Entladungsschlag hatte bei der Zerstäubung des Drahtes Metallstaub an die Cilinderwände angeschleudert und diese dadurch gefärbt; die Macht der Entladung war dann Ursache einer Erweiterung des Cilinders. Condensirten sich nun die Schichten, welche durch nachfolgende Entladungen gebildet waren, so mussten sich diese nicht bloss auf den dunkel gefärbten Hintergrund erstrecken, sondern auch jenen schmalen, helleren Streifen bedecken, um welchen der Cilinder vergrössert war.

Sich Abria's [1]) Ansicht anschliessend glauben Reitlinger und Žerjau ebenfalls, dass die Electricität bei der Schichtenbildung nicht specifisch, sondern bloss als mechanische Kraft wirke, und stellen dann den Gang der Schichtung, wie folgt, dar: „Die electrische Entladung übt Impulse aus, durch welche die leichter beweglichen Stoffe in Schwingungen versetzt werden, an deren Knotenlinien sich die schwerer beweglichen Stoffe ansammeln. Von den so geschichteten Stoffen werden sodann die schlechter leitenden mehr erwärmt und leuchten, die besser leitenden weniger erwärmt, wesshalb sie dunkel bleiben."

§. 39. Sowol Morren und Gassiot, als auch Riess, Reitlinger und Žerjau sehen die Schichtenbildung bewirkt durch mechanische Impulse der electrischen Entladung. Anders die nun zu besprechenden Forscher, die in der Vertheilung der Electricitäten die hierbei wirksame Kraft erblicken.

---

[1]) Abria, *Ann. de Chim. et de Phys.* T. LXXIV, p. 186.

So nehmen Quet und Seguin[1]) an, dass durch die Vertheilung der Electricität von den Electroden aus die Gasschichte zwischen diesen sich theile in immer schwächer electrisirte, abwechselnd positiv und negativ geladene Schichten; die entgegengesetzten Electricitäten ziehen sich an, indem sie die betreffenden Gasschichten mitziehen, wesshalb diese sich zwischen der ersten positiven und negativen Schichte verdichten, zwischen der ersten negativen und zweiten positiven Schichte sich verdünnen u. s. w. Das Leuchten der dichteren und Dunkelbleiben der dünneren Schichten haben sie mit den vorerwähnten Theorien übereinstimmend. Eine Bestätigung dieser Theorie sehen sie in Versuchen, bei welchen sie Ruhmkorff-Ströme durch Kohlenpulver gehen liessen, und dieses dann geschichtet erhielten (l. c. p. 327).

§. 40. Van der Willigen[2]) erklärt die Schichtung des electrischen Lichtes in Röhren, welche mit Gemengen aus Gasen und Dämpfen gefüllt sind, indem er annimmt, dass diese sich in besser und schlechter leitende Schichten sondern, von denen die besser leitenden grösstentheils Dämpfe sind und nicht leuchten, die letzteren aber aus einfachen Gasen bestehen und leuchten. (Siehe §. 37.) Die Schichtenbildung wird auf die gegenseitige Anziehung der parallelen stromleitenden Elemente zurückgeführt, welche am stärksten zwischen den Elementen sein müsse, welche den Strom am besten leiten, weshalb sich diese in Schichten ordnen, die zur Richtung des Stromes senkrecht sind. Diese Schichtenbildung wird in Zusamenhang gebracht mit ähnlichen Schichten, welche Eisenfeilspähne zeigen, wenn sie auf ein über einen horizontalen Stromleiter gelegtes Papierblatt gestreut werden.

§. 41. Wiedemann[3]) glaubt, die Bildung der dunkeln Stellen, sowie auch des dunkeln Raumes erfolge in der Art, dass z. B. von der positiven Electrode Gasmoleküle mit einer so grossen Geschwindigkeit fortgeführt werden, dass sie dabei leuchten, beim Auftreffen auf die davor liegende Gasschichte ihre Geschwindigkeit und Leuchtkraft verlieren. Zugleich werden aber in jener Gasschichte die Electricitäten vertheilt, die positiven Theilchen bewegen sich mit grosser Geschwindigkeit bis zum Leuchten erhitzt weiter zur nächsten ruhenden Gasschichte u. s. w. Zwischen den in entgegengesetzter Richtung sich bewegenden, positiven und negativen Theilchen jeder Gasschichte

---

[1]) Quet et Seguin, *Ann. de Chim. et de Phys.* (3), T. LXV, p. 317 (auch Cosmos T. XIV, p. 647).

[2]) Van der Willigen, Fortschritte der Phys., Jahrg. XX, p. 495.

[3]) G. Wiedemann, Lehrb. vom Galvanismus, II. Auflage, p. 335, §. 974.

ist eine Stelle der Röhre, wo das Gas nicht leuchtet und so eine Schichte bildet u. s. w.

§. 42. Zum Schlusse will ich noch die Theorie von L. della Casa [1]) erwähnen. Dieser nimmt an, dass die positive Electrode die nächsten Gasschichten anzieht, sie bei einer gewissen Entfernung electrisirt und in dem Momente leuchtend macht, wo die Ausgleichung der Electricität erfolgt. Diese nun electrisch gewordene Gasschichte zieht eine zweite an, welche wieder beim Uebergange der Electricität leuchtend wird, diese zweite eine dritte u. s. w.

Wenn ich im Obigen die chemischen Veränderungen, die beim Durchgange electrischer Ströme durch verdünnte Gase stattfinden und auf die Schichten oft von Einfluss sind, nicht erwähnte, wenn ich die mechanischen Wirkungen des electrischen Funkens auf feste und flüssige Körper mit ihren innigen Beziehungen zu den analogen Erscheinungen in gasförmigen Medien entweder gar nicht oder nur sehr flüchtig berührte, so geschah dies keineswegs aus dem Grunde, dass ich ihre Bedeutung verkennen würde, sondern weil ich meinem Vorsatze, eine Monographie über die Schichten zu schreiben, treu bleiben wollte. Anderseits kann ich nicht umhin, hier zum Schlusse darauf hinzuweisen, dass die eben berührten Forschungsgebiete mit jenen Vorgängen, die wir in der Schichtung des electrischen Lichtes beobachten, auf das innigste zusammenhängen. Und so dürfte sich auch der in der Einleitung ausgesprochene Gedanke bestätigen, dass eine gründliche Erkenntniss des in dieser Monographie behandelten Forschungsgebietes, so eng begrenzt dasselbe auch erscheinen mag, doch von hoher Bedeutung für die eingangs berührte Aufgabe ist: alle Erscheinungen der Electricität, der Wärme, des Magnetismus etc. auf mechanische Principien zurückzuführen.

---

[1]) L. della Casa, *Mem. di Bologna* (2), III. p. 301.

Druck von G. Gistel & Cie., Wien, Stadt, Augustinerstrasse 12.

Buchdruckerei von G. Gistel & Co., Wien, Augustinerstrasse 12.